

дорівнює числу робочих тиристорів, а спадання напруги  $\Delta U$  на приладі відповідає струму:

$$I = I_{\text{я порівн}} / m. \quad (3)$$

Падіння напруги на тиристорах ТЛ200, ТЛ171-320, ТБ200, що працюють із припустимими значеннями струмів при навколишньому охолодженні,  $\Delta U \approx 0,8\text{В}$  і незначно відрізняється від спадання напруги на діодах, які працюють із тими ж струмами.

Втрати енергії в напівпровідникових елементах перетворювача за час пуску  $t_{\text{п}}$  вагона:

$$\Delta A_{\text{в}} = k_{\text{д}} n \Delta U I_{\text{я порівн}} t_{\text{п}}, \quad (4)$$

де  $k_{\text{д}}$  — коефіцієнт, що враховуються комутаційні втрати.

Втрати в інших елементах перетворювача визначаються в такий спосіб. Резистори, шунтувальні послідовно включені напівпровідникові прилади. Використовуються для забезпечення рівномірного розподілу напруги між цими вентилями й обтикаються струмом у моменти часу, коли напівпровідникові прилади не проводять струму.

## МОДЕЛЮВАННЯ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Щеглова А., Леонова І.В.*

*Науковий керівник – Скуріхін В.І., канд. техн. наук, асистент*

*Вступ.* Нарівні з традиційними методами проектування деталей машин і механізмів, що враховують функціональність деталі, її технологічність, міцність, надійність та економічну доцільність, на передній план виходять такі показники, як терміни розробки і впровадження, мінімалізація часу на експериментальне дослідження та ін. Виріб має відрізнятись не тільки високою якістю, але і максимально скороченим часом проектування і мінімальними витратами на виготовлення. З цієї та деяких інших причин, комп'ютерне моделювання і використання чисельних експериментів з допомогою ЕОМ стають все більш популярними.

*Мета.* Розробляється методика розрахунку зношування поверхонь тертя вузлів і деталей машин за допомогою метода кінцевих елементів

*Методи розрахунків. Алгоритм застосування.* За допомогою чисельних експериментів (наприклад, методом кінцевих елементів) вже вдається з достатньою точністю моделювати багато фізичних явищ, які відбуваються з виробом на всьому протязі його служби. Тим не менше, частина важливих механічних процесів не має свого відображення в сучасному наборі інструментів інженера-конструктора. Одним з таких

процесів може вважатися зношування вузлів тертя деталей машин, облік абразії, ерозії і кавітації.

Метод розрахунку, що застосовується в проєктованому модулі, заснований на оригінальних розробках авторів спільно з науковцями кафедри «Електричного транспорту». Цей метод дозволяє скасувати необхідність постійного перерахунку контактної взаємодії на кожному часовому кроці, що істотно економить машинний час. Також є можливість прогнозування розвитку зношування на основі раніше отриманих рішень в скінченно-елементній постановці.

В основі методу лежить поняття ізносного кінцевого елемента. Це двовірний елемент з певними функціями форми, що описує зміна поверхні (за рахунок переміщення в вузлах) під дією зовнішніх факторів (контактна взаємодія, вплив середовища, вплив випадкових пошкоджуючих факторів тощо). Серед інших властивостей елемента виділяється зносостійкість при абразії, ерозії, багатоцикловому втомному руйнуванні.

Алгоритм застосуємо також для вирішення завдань зношування на мікрорівні (мікропідхід до зношування). Це дозволяє за допомогою комп'ютерного моделювання оцінювати зносостійкість матеріалу по зносостійкості окремих фаз матеріалу.

З достатньою часткою точності можна вважати, що пошкодження поверхні від дії різних факторів взаємoneзалежними, а результат зношування – підсумовування зносу від кожного окремого фактора.

Найбільшу кількість моделей абразивного зношування розглядають, як абразію із закріпленням абразивом (тверді виступи, нерівності або жорстко закріплені частинки рухаються по поверхні як ріжучий інструмент). Автором ведеться розробка моделі, де розглядається абразивне зношування з вільним абразивом між двома поверхнями. У цій схемі розглядається рух окремих частинок в зазорі між поверхнями і аналізується їх вплив на поверхні. Завдяки застосуванню методів теорії ймовірності та математичної статистики, досягається можливість отримання імовірнісної оцінки пошкодження поверхонь.

Дана методика дозволяє повністю відмовитися від експериментальних досліджень і натурного експерименту який представляється неможливим, їх обсяг може бути значно скорочено, що дозволяє створювати вироби в більш короткий термін і скоротити витрати на їх проєктування та виготовлення.